

Müller Pál

A MELEGFORRÁS-BARLANGOK ÉS GÖMBFÜLKÉK KELETKEZÉSÉRŐL

ÖSSZEFOGLALÁS

A melegforrások közelében különböző töménységű és hőmérsékletű, nagy hozamú karsztvizek keveredése hozza létre a barlangokat. A vízszint süllyedése során a meleg víz felett légtér szabadul fel, és ebben konvekciós áramlás indul meg a hidegebb falak hatására. A hideg falra kondenzvíz csapódik le, ez a CO₂ tartalmú levegőtől agresszívvá válik. A falakat ott oldja a legjobban, ahol a járat elég tág intenzív konvekció számára, a fal pedig eléggé hideg. Ezáltal a keletkező üreg gömbalakot igyekszik felvenni s felfelé harapódzik.

A melegvízes barlangokkal kapcsolatos régebbi magyarázatok

A régebbi szerzők (Jaskó, 1936; Borbás, 1934) a budai barlangok eredetéről eléggé ellentmondóan nyilatkoztak. Általában megmaradtak amellet, hogy a kialakulásnál mind a hideg, mind a meleg vizeknek szerepük volt, de a speciális formák magyarázatával tulajdonképpen adósok maradtak, a gömbfülkéket pedig általában örvényüstöknek tartották. Radó Denise (1954) pedig elsősorban a tartós nyugalmi vízszintnek formaalkító hatásával foglalkozott. Pelikán Pál (MKBT Tájékoztatóban, 1973/a) igen érdekes elgondolást közölt a mély szinten nyomásnövekedés miatt felszabaduló széndioxid magasabb szinten, de hidegebb vízben való újbóli elnyelődéséről, illetve az ezáltal okozott korrózióról. A keveredési korrózió szerepét Ernst Lajos (1965) a melegforrásbarlangok keletkezésében sajnos csak röviden érinti. Érdekes megemlíteni Pávai Vajna (1930) cikkét, aki a gömbfülkék tanulmányozása során arra a meggyőződésre jutott, hogy ezeket az alulról feltörő forró gőzök oldották ki. A gőzt vulkáni eredetűnek tartotta. Bögli (1963) a gömbfülkéket egyszerűen a keveredési korrózió jellemző formájának tartotta, mely a keresztvező hasadékon beáramló és az üregben eleve meglévő víz találkozásánál képződött. A gömbalak magyarázatával azonban adós maradt.

Korróziós üregek keletkezése

Mészköben a korrózió többféleképpen alakíthat ki üregeket. A főbb módok a mai ismereteink szerint:

- a) elsődleges korrózió a felszín közelében: karrok, dolinák, zombolyok;
- b) keveredési korrózió a karsztvízszint közelében;
- c) hőmérsékleti és töménységi keveredési korrózió a források közelében;
- d) a karsztvíz széndioxidtartalmának megnövekedése diagenetikus, metamorf, vulkáni vagy egyéb eredetű gázból, szintén korróziót okozhat.

A forrásbarlangok keletkezéséről

Itt főleg a c) esetről lesz szó, bár a melegforrások kialakulásában sokszor döntő lehet a metamorf eredetű szénsav is (d) pont), de ez is végső soron a forrás közelében jelentkezik, mint a keveredési korrózió egyik tényezője (Müller, 1971).

A források környéke különösen kedvező a keveredési korrózió szempontjából, mert itt sugárirányban különböző területekről eredő, tehát nagy valószínűséggel eltérő összetételű, nagy vízmennyiségek találkoznak. A karszt jó vízvezető képessége miatt nagyon gyakori, hogy mélyre hatoló konvekciós áramok alakulnak ki, ezért a keveredő víz egy része nagyobb földi hőmennyiséget hoz magával. A hőmérsékleti keveredési korrózió tehát hozzájárul az oldáshoz.

A keveredés zónájában kialakuló üreg formáját annak hidraulikai szerepe is meghatározza. A karsztforrások jelentős része – különösen a dolomit-tápterületről érkezők – széles áramlási zónából kapják vizüket (nem pedig átmenő patakbarlangból). Ilyen esetben a barlang megcsapolóárok- (drén-)szerűen fogja a tápláló kőzetből a vizet kivezetni.

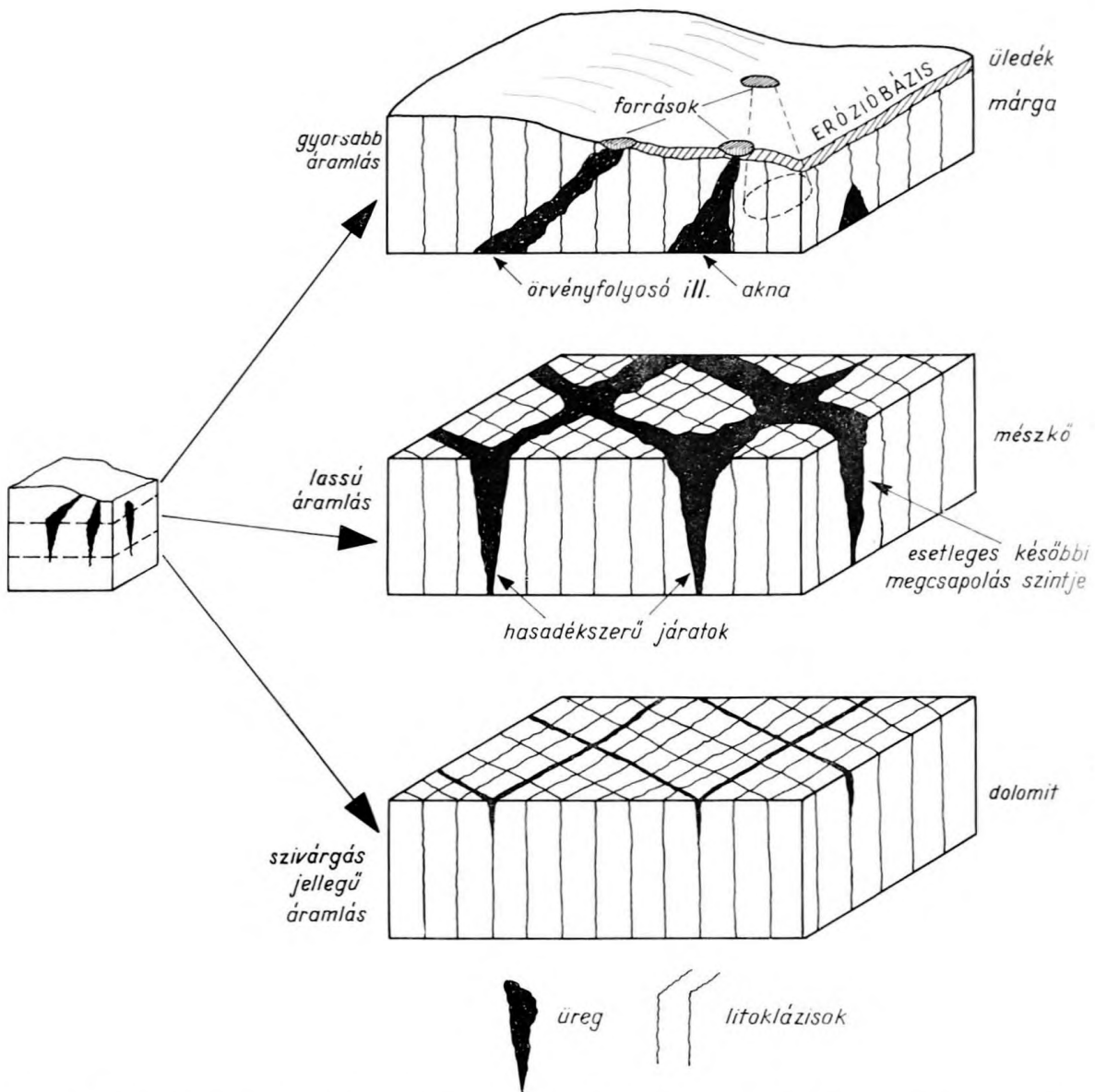
A budapesti forrásbarlangok keletkezésének értelmezése

Jó példa erre a Budai hegyek esete. Itt a tápláló kőzet főleg dolomit, ez adja vagy adta át a vizet a vékonyabb, kisebb foltban települő eocén vagy dachsteini mészkőnek (József-hegy, ill. Solymári-barlang).

Az így kialakuló barlangok egyik lehetséges formáját az 1. ábra tömbszelvényén próbálom bemutatni. A vázlat tulajdonképpen a Ferenc-hegyi, Szemlő-hegyi és Molnár János-barlangok idealizált képe.

Az alsó zóna sok töréssel átjárt dolomit, ezek a törések eredeti méretükben, vagy kevéssé tágulva, szivárgásszerűen vezetik a vizet.

A felette levő mészkőréteg a keveredési korrózió fő zónája. Itt a különböző helyeken függőlegesen beáramló, eltérő sajátságú vizek vízszintes irányban elmozdulva keveredhetnek egymással. Az áramlás a



1. ábra. A budai forrásbarlangok kialakulásának egyik lehetséges formája. (Bővebb magyarázat a szövegben.)

nagy keresztmetszvényű üregek miatt viszonylag lassú, de a nagyon kis hidraulikus ellenállás elősegíti a keveredést.

A felső zóna igen gyakran márgában van. Az itteni üregek szerepe a középső zónában összegyűjtött vizek gyors felszínre vezetése. A víz sebessége itt már nagyobb lehet, ezért az oldási maradék egy részét ki is sodorhatja a forráson. A gyors áramlás örvényléssel jár; ez valódi örvényüstöket hozhat létre; példa rá a Szemlő-hegyi-barlang Örvény folyosója.

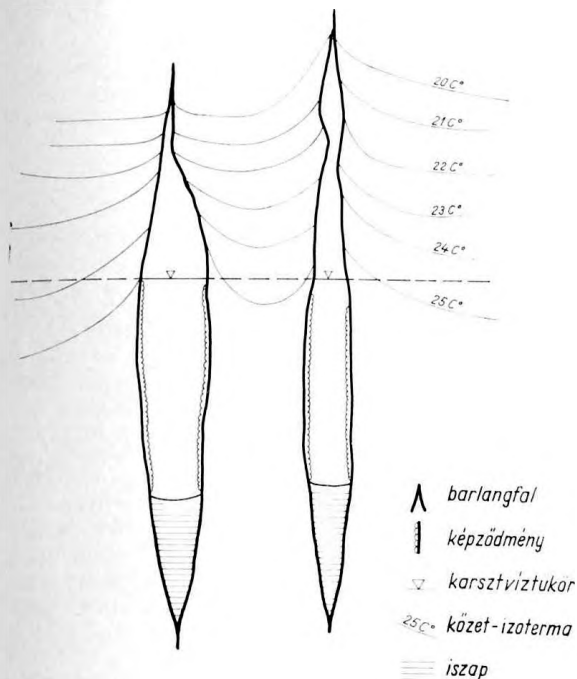
A forrásbarlangokat kioldó víz hőmérséklete

Az üregek a hideg vagy meleg vizes eredetűre többféle módon következtethetünk; például:

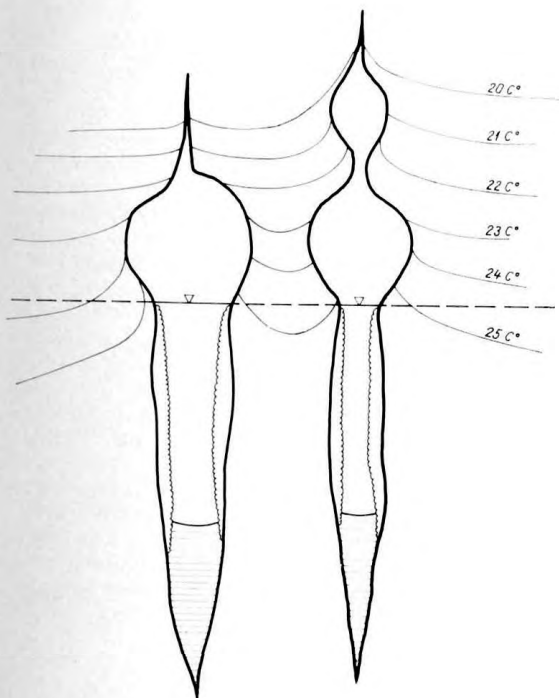
- a környéken ma is fakadó források hőmérsékletét extrapoláljuk a barlang keletkezési idejére;
- az üreg ásványkitöltéséből (hőmérő ásványok);
- különleges formákból, melyek a feltevések és tapasztalat szerint csak melegforrás-barlangokban létezhetnek.

Az első két módszer extrapoláción alapul, ezért bizonytalan. Az ásványegyüttes keletkezési hőmérsékletét ugyan adott esetben szűk határok közé lehet szorítani, de a lerakódás általában az üregek képződés után történik; tehát hidegvizes üregekben is lehet melegvizes ásványkitöltés. (A Ferenc-hegyi-barlang baritos falai pedig a barlangtól teljesen független, régebbi telér-képződmények, s csupán oldhatatlan-

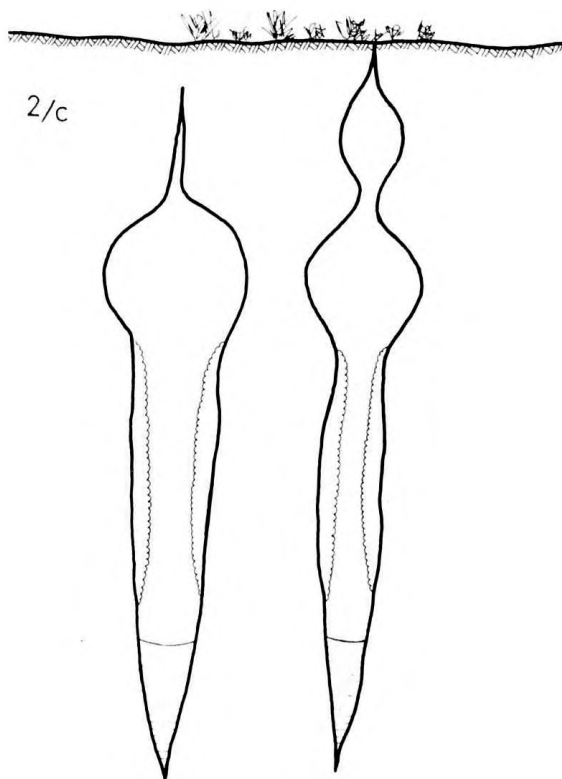
2/a



2/b



2/c



2. a-b-c. ábra. A gömbfülkék keletkezésének egyes fázisai. (Részletes ismertetés a szövegben.)

ságuk miatt alkotják a mai falak bevonatát; Pelikán, 1973/a.)

A c) pontot tudtommal eddig érdemlegesen nem tanulmányozták.

A gömbfülkék keletkezése

A fent leírt hálózatszerű barlang formáit tulajdonképpen hideg és meleg víz egyaránt kialakíthatja. De mi történik akkor, ha a vízszint lejjebb száll, s a barlang felső részei levegőssé válnak (2/a. ábra)?

Hideg (a környező kőzettömeg hőmérsékletének megfelelő) víz esetében a levegővel töltött barlangrész lényegében nem fejlődik tovább. Meleg víz esetében azonban a légtérben hőmérsékletkülönbség van (lásd 2/a. ábra izotermáit). A kőzetfal — különösen a magasabb részeken — hidegebb a víznél. Ez a levegőben konvekciós áramlást indít meg, eléggé nagy hőmérsékletkülönbség és széles járat esetén. (Keskeny hasadékokban a tapasztalat szerint nem indul meg az áramlás.) A páratelt levegőből a falra kondenzvíz csapódik ki, s ez a falakon vízfilmként csurog vissza. A karsztvízből egyúttal széndioxid is válik ki. (A Molnár János-barlangban nyáron, mikor rossz a kiszellőzés, 8% fölötti értéket mérünk. Télen 1% körüli a CO₂ tartalom.) A lecsapódó szén-savas kondenzvíz természetesen nagyon agresszív. A legtöbb víz a magasabb fekvésű, hidegebb, de még tág (konvekciós áramlásra kedvező) üregrész falán csapódik le. Az oldás itt a legintenzí-

vebb, míg a légcserre nélküli kis réseket, beszögeléseket nem tájítja.

A végeredmény a konvekciós cella szempontjából ideális gömbalak: a gömbfülke. Hosszabb járat tetején több cella alakul ki, ez gyöngyszerű gömbfülkesort alakít ki. Az alsó bejáratok általában szűkek, mert ez a rész már telített vizet kap, másrészt a falakra lerakódó iszap véd az oldódástól.

A leszivárgó oldat tovább növeli a meleg karsztvíz oldott mésztartalmát, s fokozza az ásványkiválást. Az ásványlerakódás tehát egyidejű lehet a gömbfülke képződéssel.

Ezek szerint az anyagátrendező folyamat energiáját geotermikus energia adja.

A folyamat egyes fázisait és végeredményét a 2. ábrán próbáltam szemléltetni. Érdekes, hogy a fent leírt folyamat egyes jelenségeit Pávai Vajna 1930-ban már említette: felfelé szálló gőz, lecsapódás, falon lefolyó víz stb.

Az elképzelés összhangban van a következő megfigyelésekkel:

a) A gömbfülkék közt gyakori az olyan, melynek csak egy — mindig alsó — bejárata van, ennek átmérője gyakran csak 1/3-a, 1/5-e a gömbnek, s ilyen helyen az örvénylés hidraulikai lehetetlenség.

b) A gömbfülkékben ritka az ásványkiválás, s ha van, akkor ez vagy felszíni eredetű (lublinit, sztalaktit), vagy feltehetően utólagos karsztvízszint-emelkedés okozta (Bátori-barlang).

c) Biztosan hideg vízü patakbarlangban tudtommal gömbfülkét nem ismerünk, csak örvényüstöt.

d) A Molnár János-barlangban mind a kondenzvíz lecsapódását, mind a levegő széndioxid-tartalmát észlelni lehet, s ez a két tényező szükségképpen oldáshoz vezet. Az oldás észlelésére bemért mészködarábokat helyeztünk el a barlangban.

Ha ez az elképzelés igaz, akkor már ismerünk olyan formaelemet, mely csak melegforrás-barlangokban keletkezhet.

Végül szeretnék köszönetet mondani a Delfin könnyűbúvár szakcsoporthoz, különösen Maróthy Lászlónak, Plózer Istvánnak és Schöpen Lászlónak, akik lehetővé tették számomra a Molnár János-barlang könnyűbúvár felszerelésben való megtekintését. Nélkülük ez az elképzelés talán még sokáig váratott volna magára. Ezen kívül a mérés nagy részét is elvégezték, és ötleteikkel, kritikájukkal az elgondolás kifejlesztését is nagy mértékben segítették.

Müller Pál
Vizgazdálkodási Tudományos Kutató
Intézet
H—1024 Budapest, Káplár u 11-13

I R O D A L O M

BÖGLI, A. (1963): Beitrag zur Entstehung von Karsthöhlen. — Die Höhle, 1963. 3. Wien.

ERNST L. (1965): A keveredési korrózió kérdéséhez. — Karszt és Barlang, 1965./II. pp. 61—63.

JAKUCS L. (1948): A hőforrások barlangkeletkezése. — Hidrológiai Közöny, Vol. 28. pp. 53—58.

JASKÓ S. (1936): A Ferenchegy-barlang. — Földtani Értesítő, 1936/1.

PÁVAI VAJNA F. (1930): A forró oldatok és gőzök-gázok szerepe a barlangképződésben. — Hidrológiai Közöny, Vol. 21. pp. 115—122.

PELIKÁN P. (1973/a): A Budai hegységi „gejzírít” vizsgálata. — Előadás a Magyarhoni Földtani Társulat január 23-i ülésén.

PELIKÁN P. (1973/b): Néhány gondolat a névizes barlangkeletkezés elméletéhez. — Karszt és Barlangkutató Tájékoztató, 1973/2.

ON THE ORIGIN OF THERMAL CAVES AND SPHERICAL NICHES

In the vicinity of thermal springs, caves are brought about by the mixing of karstic waters of different concentration and temperature and of high yield. In these, above the thermal water, an air space is freed as the water table sinks. In the freed space, a convective current sets in because the walls are colder than the air. On the cold wall, condensed water is precipitated under the influence of the CO₂ content of the air. The walls are best dissolved there, where the tunnel is wide enough for the development of intensive convection, while the wall is rather cold. Therefore the cavern tends to develop spherically and expand upwards. The phenomenon can be studied in a live cave, Molnár János cave, accounting for the characteristics of the spherical fossil niches available in the other caves of the Buda Mountains as well.

О ФОРМИРОВАНИИ ТЕРМАЛЬНЫХ ПЕЩЕР И ШАРООБРАЗНЫХ НИШ

Вблизи термальных источников пещеры создаются перемешиванием карстовых вод различной концентрации и температуры, характеризующихся повышенными дебитами. В пещерах в процессе понижения уровня воды над теплой водой освобождается воздушное пространство. В нем под влиянием более холодных стен развивается конвективный поток. На холодной стене осаждается конденсационная вода, которая от содержащего CO₂ воздуха становится агрессивной. Она растворяет пещерные стены больше всего там, где туннель достаточно широкий для развития в нем интенсивной конвекции. Таким образом, формирующаяся полость старается принимать шарообразную форму и проникает всё выше и выше. Данное явление можно изучить в живой пещере им. Яноша Мольнара, но оно также объясняет характерные особенности ископаемых шарообразных полостей, встречающихся в других пещерах Будайских гор.